

MANUFACTURE OF SOI SUBSTRATE

Patent Number: JP11219914
Publication date: 1999-08-10
Inventor(s): ENDO AKIHIKO;; NISHIKIDA SHUNICHI;; SHIRAKAWA YOSHINORI
Applicant(s): SUMITOMO METAL IND LTD
Requested Patent: ☐ JP11219914
Application Number: JP19980021333 19980202
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L21/265; H01L27/12
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To adjust the thickness of an insulating layer extending over a wide range and moreover, to enable implantation of oxygen ions in a silicon substrate in a short time to contrive to reduce the production cost of a SOI substrate, by a method wherein a mask is provided on one part of the peripheral edge part of the silicon substrate or extending over the whole region of the peripheral edge part to perform the implantation of the oxygen ions in the silicon substrate.

SOLUTION: An Si substrate 9 is placed on a substrate holder 7, a switch SW is put on the side of the holder 7 and a DC bias is applied to the holder 7, in other words, the substrate 9, from a DC power supply 12. After the air within a chamber 1 is exhausted, microwaves are introduced in an oxygen plasma generating chamber 2 through a raw gas introducing tube 5 and moreover, a current is made to flow through exciting coils 4 to apply a magnetic field to the substrate 9. Oxygen gas introduced in the chamber 2 is resonantly excited than electron cyclotron to generate an oxygen plasma. The prescribed bias voltage (negative voltage) is applied to the substrate 9 from the power supply 12, oxygen ions in the oxygen plasma are accelerated toward the side of the holder 7, collide with the surface of the substrate 9, collide with the lower part of the surface of the substrate 9 and an insulating layer is formed under the surface of the substrate 9.

Data supplied from the **esp@cenet** database - 12

(51) 국제특허분류 (CIP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許公報公開番号

特開平11-219914

(73) 公開日 平成11年(1999)8月10日

(51) Int. Cl. ⁷	IPC	F I	
H 01 L 21/205		H 01 L 21/28	J
27/12		27/12	K

審査請求 不特許 審決項の番号 (3) (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-219914

(22) 出願日 平成10年(1998)2月2日

(71) 出願人 KHEK9114

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北區4丁目5番33号

(72) 発明者 伊藤 昭彦

大阪府大阪市中央区北區4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(72) 発明者 棚田 智一

大阪府大阪市中央区北區4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(72) 発明者 吉川 昌敏

大阪府大阪市中央区北區4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

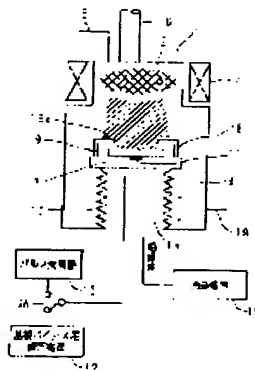
(74) 代理人 伊藤十 初野 豊夫

(54) 発明の名称 S i 基板の製造方法

要約

【課題】 シリコン基板に注入された酸素イオンによって形成される S i 基板中の酸素原子層の分布が浅く、不均一で、しかも注入速度が遅いという問題があった。

【解決手段】 基板ホルダ7の上面に載置した S i 基板9の周縁部を、その全周に渡って覆う筒状のマスク18を配置する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン基板にバイアス電圧を印加することにより酸素プラズマ中の酸素イオンを前記シリコン基板に向けて加速させ、前記酸素イオンを前記シリコン基板に注入し前記シリコン基板内に絶縁層を形成する方法において、前記シリコン基板の周縁部の少なくとも一部にマスクを施して前記酸素イオンの注入を行うことを特徴とするSOI基板の製造方法。

【請求項2】 前記マスクは、シリコン基板の周縁部の略全周にわたって設けられていることを特徴とするSOI基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は絶縁層上に半導体層が形成された構造、所謂SOI (Silicon on Insulator) 又はSemiconductor on Insulator構造を持つSOI基板の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 SOI基板は、半導体素子を作製するシリコン層の下に絶縁層（埋め込み酸化膜）が形成された構造を持ち、絶縁層によりシリコン層上の半導体素子間の完全分離が可能で、従来のバルクシリコンウェハと比較してデバイスの高集積化及び信頼性向上が図れ、次世代デバイス用基板として注目されている。

【0003】 SOI基板の製造方法としては従来、次のような技術が知られている。

貼り合わせ法

表面にシリコン酸化膜を作製した2枚のシリコン基板を貼り合わせ、高温炉を使用して融合させる。その後、一方のシリコン基板を所定の厚さまで切削、研磨し、表面シリコン層、絶縁体である埋め込み酸化膜層、基板シリコン層からなる三層構造に加工する方法である。

イオン注入機を用いた酸素イオン注入法 (SIMOX法: Separation by Implantation of Oxygen法)

イオン注入機によりシリコン基板に酸素イオンを注入した後、これに高温の熱処理を施し、基板中に埋め込み酸化膜を形成する方法である。

プラズマ源を用いた酸素イオン注入法 (SPIMOX法: Separation by plasma Implantation of Oxygen法)

プラズマ源としてECRプラズマ発生装置又はICPプラズマ発生装置を用い、発生させた酸素イオンを高いバイアス電圧を印加した状態のシリコン基板に加速注入する方法である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 貼り合わせ法は、SOI基板として、表面シリコン層に高い結晶性が得られると共に、表面シリコン層及び埋め込み酸化膜の膜厚制御を広範囲に行える利点を有する反面、2枚のシリコン基板を用意する必要があり、しかも表面の平坦性を確保す

るために複雑な工程が必要で、製造コストが高いという難点がある。

【0005】 またSIMOX法は、表面シリコン層の平坦度がバルク基板と同等に優れる反面、イオン注入機は高価な上、シリコン基板表面を走査しつつイオン注入を行うため注入に時間を要し、スループットが小さく、製造コストが高いという難点があった。

【0006】 これに対し、SPIMOX法は、プラズマ源としてECRプラズマ発生装置又はICPプラズマ装置を用いるためシリコン基板全域に同時に酸素イオンを注入することが可能となり、イオン注入時間が短くて済み、複雑なイオン光学系を必要としないため設備コストも安価である。しかしながらSPIMOX法は表面シリコン層厚さが薄く、また絶縁膜の厚さが薄く、これらの調節範囲が狭いという問題があった。本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは絶縁層の厚さを広範囲に調節出来、しかも短時間で注入が可能で製造コストの低減を図れるようにしたSOI基板の製造方法を提供するにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 SPIMOX法では、シリコン基板にバイアス電圧を印加して、酸素イオンを加速し、シリコン基板に注入するが、時間が経過すると注入された酸素イオンはSi基板内で酸化シリコンとなり、絶縁層を形成する。絶縁層が形成されてゆくに従って抵抗が増大し、絶縁層がSi基板の表面下の全域に形成されるとSi基板の表面に+電荷が滞留し、酸素イオンの注入が出来ない状態となる。バイアス電圧として直流パルス電圧を用いると、パルス間の電位が0の時に基板に到達するプラズマ中の電子により上述した如き帯電が解消される。

【0008】 しかしながら、直流パルス電圧を用いるには高価なパルスジェネレーターが必要であるし、パルス間の電位が0の時間分注入時間が長くなるという問題が生じる。本発明者は、注入時においては絶縁層を全面に形成することを防止できればよいと考え、本発明に至った。

【0009】 本発明に係るSOI基板の製造方法は、シリコン基板にバイアス電圧を印加することにより酸素プラズマ中の酸素イオンを前記シリコン基板に向けて加速させ、前記酸素イオンを前記シリコン基板に注入し前記シリコン基板内に絶縁層を形成する方法において、前記シリコン基板の周縁部の少なくとも一部、又は全域に亘ってマスクを施して前記酸素イオンの注入を行うことを特徴とする。

【0010】 シリコン基板の周縁部にマスクを施すことで、その部分の内部には絶縁膜が形成されることがないため、この部分を通じて+電荷が流れ、シリコン基板表面に+電荷が帯電し、酸素イオンプラズマの注入が出来なくなるという不都合が解消される。

【0011】

【発明の実施の形態】以下本発明をその実施の形態を示す図面に基づき具体的に説明する。図1はSOI基板を製造する装置であるSPIMOX装置の一例の構成を示す模式図であり、図中1は円筒形状をなす容器で構成されたチャンバ、2は酸素プラズマ発生室、3は処理室を示している。チャンバ1の上部は所定長さによって縮径しており、この縮径領域の外周に励磁コイル4が巻設され、またチャンバ1の上部壁には原料ガスの導入管5、マイクロ波の導波管6が連結されており、励磁コイル4で囲まれたチャンバ1内に酸素プラズマ発生室2となっている。

【0012】チャンバ1内であって、前記酸素プラズマ発生室2の下方には導電性材料、例えばアルミニウム製の基板ホルダ7が昇降装置によって昇降移動可能、換言すれば、酸素プラズマ発生室2に対し遠近移動可能に設置され、その上にシリコン(Si)基板9が載置されるようにしてある。

【0013】なお基板ホルダ7の下部周縁とチャンバ1の底壁に穿った孔1aとの間には密封維持と昇降装置の一部を兼ねるベロープ10が設けられている。基板ホルダ7にはその上面中央部に、ここに載置されているSi基板9の温度を検出する熱電対11が設置されている。また基板ホルダ7には直流電源12の負極側がスイッチSWを介在させて直接又はパルス変調器13を介在させて接続され、直流電源12の正極側は接地されており、酸素イオン注入時にSi基板9にバイアス電圧を印加し得るようにしてある。

【0014】更に基板ホルダ7の内部には図面には表われていないが、絶縁油の通路路が形成されており、ここには冷却装置15を通して温度及び流量を調節された絶縁油が通流せしめられ、Si基板9の温度制御、主として放熱を行うようにしてある。18はマスクであり、石英製であって円筒形に形成され、上端部周縁は内方に折り曲げられてひさし部18aが設けられている。マスク18は基板ホルダ7の上面に載置され、そのひさし部18aはSi基板9の周縁部9aの上方に、これと所定の間隔を隔てて臨み、Si基板9の周縁部9aの全周を覆い、周縁部9aに対する酸素イオンの入射を阻止するようにしてある。19は真空ポンプに連なる排気管である。

【0015】次にSPIMOX装置の動作を説明する。基板ホルダ7上にSi基板9を載置し、スイッチSWを基板ホルダ7側に投入し、基板ホルダ7、換言すればSi基板9に直流電源12から最高100keVの直流バイアスを印加する。チャンバ1内を所定の真空中に排気した後、酸素プラズマ発生室2内に原料ガス導入管5を通じて酸素ガスを導入し、またここに導波管6を通じてマイクロ波出力1.5W、周波数2.45GHzを、更に励磁コイル4に通電して磁界を印加する。酸素プラズマ発生室2内に導入された酸素ガスは電子サイクロトロ

ン共鳴励起されて酸素プラズマが発生する。Si基板9には直流電源12から所定のバイアス電圧(負電圧)が印加されており、酸素プラズマ中の酸素イオン(正に帯電)は基板ホルダ7側に向けて加速され、Si基板表面に衝突し、表面下に注入され、Si基板9の表面下に図2に示す如き絶縁層9aが形成される。

【0016】図2はマスク18を用いた場合とマスク18を用いない場合とを対比して示す作用説明図であり、図2(a)はマスク18を用いた場合を、また図2(b)はマスク18を用いない場合を夫々示している。Si基板9内に注入された酸素イオンはSi基板9内で酸化シリコンSiO₂となり、絶縁層9aを形成し、またSi基板9の表面に帯電した+電荷は一のバイアス電圧が印加されているSi基板9、基板ホルダ7を通じて地中に流れる。ところが、Si基板9に絶縁層9aが形成されてゆくに従って抵抗が増大し、マスク18がない場合には図2(b)に示す如く、絶縁層9aがSi基板9の表面下の全域に形成されると+電荷はSi基板9の表面に帯電し始め、それ以降入射してくる酸素イオンを反発し、これを反転させ、酸素イオンの注入が出来ない状態となってしまう。

【0017】これに対し、図2(a)に示す如くSi基板9の周縁部にマスク18が設置されている場合、酸素プラズマ発生室2からSi基板9側に向けて加速される酸素イオンは略Si基板9表面に垂直に導かれるため、マスク18のひさし部18aにて覆われているSi基板9の周縁部9aには、酸素イオンが注入されず、従ってSi基板9の周縁部9aには絶縁層9aが形成されない部分9bが生じる。これによってSi基板9内に絶縁層9aが形成され初めてもSi基板9の周縁部9aには形成されないから、この周縁部9aを通じて+電荷が基板ホルダ7側に流出し、Si基板9の表面に+電荷が滞留することが防止され、酸素イオン注入が阻害されることがない。+電荷の滞留が防止できれば絶縁層9aが形成されない部分9bは必ずしもSi基板9の全周に亘らなくてもよく、一部に形成してもよい。なおマスク18は基板ホルダ7の周縁部に載置する他、リング状に構成して直接Si基板9上に載置してもよく、この場合はマスクの形状が簡単となる利点がある。

【0018】(実施例)SPIMOX装置としてECRプラズマ発生装置(マイクロ波出力、1.5W、周波数2.45GHz)を備えたチャンバ1を用い、またSi基板としては直径6インチ、P+シリコン基板を用い、これに直流電源により最高100keVの直流バイアス電圧を印加した。昇降装置は酸素プラズマ発生室2の下端からSi基板9までの距離を250mmとし、また試料温度は550±20℃となるように調節した。結果は図3および図4に示すとおりである。

【0019】図3は内径13mmの穴のあいた石英製のマスクを6インチのSi基板9に載せ、直流電源から一6

0 keVのバイアス電圧を印加し、酸素イオン注入を行った時の注入電流量の時間依存性を示す。なおトータル注入ドーズ量を 4×10^{10} E/cm²とし、注入電流値 (mA) は直流電源12に流れる電流値をモニタして評価した。マスクありの場合は、注入時間に依らず略一定の酸素イオン注入が行われたが、マスクなしの場合は、注入時間に伴って電流値が低下した。また両者ともドーズ量が等しいにも拘らず、マスクがない場合と比較して注入時間が約2倍長くなった。これは、Si基板9への帯電による実効バイアスの低下によるものと考えられる。

【0020】図4はSIMS分析によりシリコン基板中の酸素原子の深さの分布図であり、横軸に表面からの深さ (μm) を、また縦軸に酸素濃度 (1/μm) をと

て示してある。図4から明らかなようにマスクありと比較してマスクなしの場合は酸素分布が広く、しかも表面から浅い方へピーク位置がシフトしている様子がわかる。これは、シリコン基板が正の電荷に帯電することによって、実際に基板にかかるバイアスが直流電源により印加した0 keVと異なり、それに伴って注入される酸素イオンのエネルギーが減少したためと考えられる。これらの基板をSOI化熱処理 (Ar-O₂1%雰囲気中で1300℃で5時間) を施した後、埋め込み酸化膜及び表面シリコン層を評価した結果を表1に示す。

【0021】

【表1】

項目	マスクあり		マスクなし		備考
	注入電圧 (keV)	注入電流 (mA)	注入電圧 (keV)	注入電流 (mA)	
注入時間 (sec)	100	10	200	5	
注入ドーズ (E/cm ²)	4.0 × 10 ¹⁰		4.0 × 10 ¹⁰		
注入電圧 (V)	0		0		

【0022】図4の酸素イオン分布に対応して、マスクありと比較してマスクなしの表面シリコン層厚さが薄くなり、また埋め込み酸化膜の均一性が劣化した。更にマスクなしの場合には基板ホルダの周縁部が露出しているため、基板ホルダが若干エッチングされ、基板ホルダからの混入と考えられるアルミニウムの不純物量が大幅に増加した。以上の結果より直流バイアスを印加する場合においてもマスクを設置することにより、パルス直流バイアスと同様、SPIMOX法においても酸素イオン注入が可能となり良質のSOI基板が製造することができ

る。

【0023】また、パルス電流バイアスのように高価なパルスジェネレーターが不要であり、連続的にバイアス電圧を印加できるため、注入時間を短縮化できる。以上、プラズマ発生源としてECRプラズマ発生装置を例にとって説明したが、ICPプラズマ発生装置へも適用可能なことは言うまでもない。

【0024】

【発明の効果】以上の如く本発明にあってはマスクを設けてシリコン基板の周縁部の少なくとも一部を覆った状態でイオン注入を行うことで注入速度が向上し、またシリコン基板中における酸素原子の分布がより深い位置に集中して存在することとなり、酸化膜を厚く、均一に形

成することが可能となる。またパルスによりバイアス電圧を印加する必要が必ずしもないため、高価なパルスジェネレーターが不要となり、かつ注入時間の短縮化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1におけるSPIMOX装置の構成を示す模式図である。

【図2】マスクの作用説明図である。

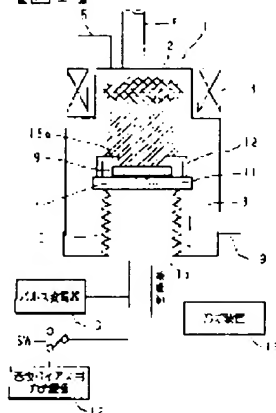
【図3】マスクの有無と注入電流値の時間依存性との関係を示すグラフである。

【図4】マスクの有無とシリコン基板中の酸素原子層の深さの分布図である。

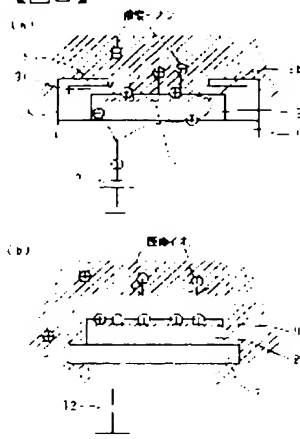
【符号の説明】

- 1 チャンバ
- 2 酸素プラズマ発生室
- 3 処理室
- 4 励磁コイル
- 5 導入管
- 6 導波管
- 7 基板ホルダ
- 10 ベローズ
- 11 熱電対
- 15 冷却装置

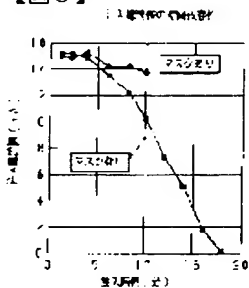
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

